臺東地區木瓜缺硼臨界濃度之測定與其土壤中含硼狀之研究[1]

張淑賢 胡南輝 陳春泉 邱再發

摘　　要

臺東地區之木瓜栽培常見果實缺硼，影響果農收益，本試驗乃研討木瓜缺硼之葉片與土壤診斷方法，並探討該地區土壤熱水可溶性硼含量分佈與土壤母質及有機質含量等之關係。茲摘述其結果如下。

以剛成熟葉（葉片已完全展開且葉柄剛由綠轉紅褐者）為第一葉，採取其第10葉葉身（不含葉柄）作為缺硼診斷之取樣部位，可顯著反應果園間硼含量之差異。缺硼木瓜第10葉葉身之硼含量均在 20 ppm 以下，而正常果園則在 25—155 ppm 間。

果實缺硼之木瓜園土壤熱水可溶性硼含量，在黑色土類均低於 0.23 ppm，其他土類土壤則低於 0.15 ppm。黑色土類臨界濃度較高之原因或為其有機質含量較高之故，仍待查證。

土壤熱水可溶性硼含量受母質、灌溉水質、淋溶時間之久暫、及有機質含量等之影響。臺東縣境耕地土壤之硼含量在 0.01 — 0.84 ppm 間，以紅壤含量最低，平均 0.07 ppm；粘板岩老冲積土次之，平均 0.15 ppm，但其土層深厚且排水不良之水田土壤（豐樂系）則硼含量高，平均 0.39 ppm，推測為灌溉水含硼之故；再次為粘板岩新冲積土，平均 0.21 ppm；而黑色土及東岸水成岩混合砂頁岩冲積土則硼含量較高，平均 0.28 ppm（但其中採自都蘭至信義里間者則硼含量低，平均僅 0.16 ppm）。東部地區之坡地土壤，以片岩、粘板岩、及砂岩母質者硼含量低，而泥岩及火成岩母質者較高。

表土之有機質含量高於底土，硼含量亦如是。粘板岩及片岩母質之土壤其硼含量與有機質之相關常達顯著水準，顯示此類土壤母質硼含量低，有機質含量乃為決定其硼含量多寡之主要因子。而含火成岩母質之土壤，其有機質與含量均為各類土壤中最高者，但兩者之相關却極低。

臺東地區之木瓜栽培常見果實異常，即果實表面呈現凹凸不平之腫瘤且流出白色乳漿，部分果肉木栓化，種子發育不全，病果無商品價值，影響果農收益。此症狀與1975年王德男氏(1)所報告之屏東各地木瓜缺硼症相似，王氏係臺灣木瓜缺硼之最早發現者，文中指出缺硼木瓜葉片硼含量在 20 ppm 以下（未說明取樣方法），可由葉面噴施 0.25 %硼砂，每株0.5 g，或土壤施用硼砂 0.5 — 5 g / 株而獲得矯正。

臺東之木瓜異常，經取葉分析其硼含量亦在 20 ppm 以下，且觀察區之病株施硼後，新

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1106 號。本計劃係與臺東改良場合作，該場負責木瓜園之調查與樣品之採集，並蒙農發會補助，王技正新傳先生大力支持，國科會獎助，臺東場張茂盛先生協助部分調查工作，中興大學王明果教授提供坡地土壤樣品，及本系土壤肥力室提供土壤肥力能限資訊檔案資料，吳懷國先生協助資料分析，吳婉麗小姐暨研究同仁鼎力協助，始得完成，謹此致謝。

2.本所農化系助理研究員、臺東改良場助理、前本所農化系研究員、茶葉改良場場長。

生果實卽恢復正常（如照片所示），可確定該異常係缺硼所致。乃於68年10月至70年10月間廣泛調查臺東地區之木瓜園土壤熱水可溶性硼含量（HWSB）及葉片硼含量與果實缺硼之關係，藉以探明木瓜缺硼之葉片與土壤臨界濃度，供營養診斷之參考。

楊滔慈氏，1960，[5,6]調查本省蔗園土壤之硼含量與甜菜缺硼之關係，指出土壤之HWSB含量與成土母質、有機質含量及灌溉水質均有密切關係；又本省蔗園土壤中以海埔新生地（因海水含硼2.7 ppm）和泥岩冲積土含硼量較高，而紅壤及砂岩、粘板岩、結晶石灰片岩之冲積土含硼量較低。曾銘君氏，1966，[4]發現東部地區之鳳梨缺硼常見於酸性且質地輕鬆之片岩冲積土。因此本文亦討論臺東地區各類耕地土壤及東部地區若干坡地土壤之HWSB分佈與土壤母質、有機質含量等之關係，並將臺東地區耕地土壤之硼含量分佈按木瓜缺硼之臨界濃度分級後繪製成圖，以供參考。

材料與方法

一、木瓜葉片營養診斷取樣方法之研究：

關於木瓜葉片取樣方法，因無資料可供參考，故先於68年8月間以農試所宿舍內土生木瓜樹為材料，以葉柄與樹幹約成70°角之展開葉為第一葉，其上向莖頂之新葉葉序為負，其下向基部為正，分別採取第－8，－5，1，5，10，14，20，及25葉之葉柄與葉身，分析其各要素含量。其後又於70年元月自池上及成功兩處生長健壯之日陞種木瓜園，以剛成熟葉（葉片已完全展開且葉柄由綠剛轉紅褐者）為第一葉，分析其第－3，1，5，10，15，20及25葉之葉柄與葉身各要素含量，每一果園各取5株，共10組樣品。

二、木瓜園土壤熱水可溶性硼含量（HWSB）及葉片硼含量調查：

自民國68年10月至70年10月間先後採取臺東地區之木瓜土壤及葉片，並調查果實缺硼情形。土壤分表土（0—15 cm）及底土（15—30 cm）取樣，若確知農民已施硼，則於臨近田地採取未種木瓜之土壤表底土做為對照，分析其pH、質地、有機質及HWSB含量。葉片則採第10葉之葉身（不含葉柄），每果園各採4株，分析其各要素含量。

三、臺東地區各類土壤之硼含量分佈與土壤母質、有機質含量等之關係研究：

由「臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究」計畫中有關臺東縣境耕地之168個調查資料（土壤分類由陳春泉先生鑑別，pH、有機質及質地由農試所分析，硼含量由屏東農專楊培森教授分析）與本試驗所調查分析之部分資料（計67個）合併檢討土壤硼含量與土壤母質及有機質含量之關係，並將上述233個資料標示於圖。另向中興大學王明果教授索贈花蓮及臺東地區山坡地土壤表土樣品79個，分析其pH、質地、有機質與HWSB含量，以討論其間之關係。

四、分析項目與方法：

土壤理化性質按慣用方法[3]分析。土壤熱水可溶性硼含量按Jackson氏[3]之方法分析。葉片各要素含量按本研究室慣用法分析[3]，微量元素Fe、Mn、Cu、Zn以1N HCl（1：25 w/v）抽出，原子吸光儀測定（其中Fe僅能抽出部分，非全量），B則以0.5N HCl（1：50 w/v）抽出，再以Curcumin呈色[10]。

結果與討論

一、不同葉序之木瓜葉柄與葉身各要素含量變化。

2. 太麻里	大王	A	4.3	3.61	L	—	21± 7	RSA	Js	石礫地	日陞	D′
		B	4.4	3.49	L	0.17						
	對照	A′	4.2	3.40	L	0.05	—	RSA	Js	〃		
		B′	4.5	3.58	L	0.03						
3. *太麻里	北里	A	4.6	2.88	L	0.09	13± 1	RSA	Js	〃	〃	D
		B	4.6	1.85	L	0.08						
4. 太麻里	香蘭	A	4.7	3.46	L	0.23	42±16	RSA	Js	〃	〃	N
		B	5.2	2.21	L	0.18						
	對照	A′	5.2	3.03	L	0.20	—	RSA	Js			
		B′	4.8	2.15	L	0.18						
5. 太麻里	金崙	A	4.6	3.55	L	0.25	29± 6	RSA	Js	〃	〃	N
		B	4.5	2.82	L	0.21						
	對照	A′	5.7	3.70	L	0.17	—	RSA	Js			
		B′	4.8	3.49	L	0.15						
6. 鹿野	武陵農場	A	7.6	0.85	SL	0.29	59±43	RSA	Js	河床地	〃	D′
	對照	A′	6.9	1.06	LS	0.05	—	RSA	Js			
7. 鹿野	瑞和	A	6.9	2.63	SiL	0.85	68±40	RSA		原水田	〃	N
		B	6.8	2.11	L	0.23						
	對照	A′	7.0	2.23	SiL	0.87	—	RSA		水田		
		B′	6.6	2.47	SiL	0.29						
8. 關山	月眉	A	7.3	1.46	SL	0.14	39± 5	RSA	Js	漂石相	臺農1號	N
		B	7.3	0.58	SL	0.06						
9. 關山	里壠	A	5.4	2.18	SiL	0.41	59±24	RSA		原水田	〃	N
		B	5.5	1.79	SiL	0.45						
	對照	A′	7.6	1.82	SiL	0.28	—	RSA		水田		
		B′	7.6	1.64	SiL	0.25						
10. 關山	中福	A	5.2	1.64	SiL	0.19	82±20	RSA		〃	〃	N
		B	5.8	1.67	L	0.28						
	對照	A′	4.5	1.67	SiL	0.32	—			〃		
		B′	5.1	1.42	L	0.37						
11. 池上	萬朝	A	4.6	1.72	SL	0.31	20± 2	RSA	Js	河床地	日陞	D
		B	4.2	1.79	SL	0.48						
	對照	A′	—	—	SL	0.11	—	RSA	Js	〃		
12. 池上	大埔	A	4.3	2.38	L	1.05	100±12	RSA		原水田	日陞	N
		B	5.1	2.44	SiL	0.52						
	對照	A′	5.3	2.75	SiL	0.52		RSA		水田		
		B′	4.8	1.66	L	0.45						
13. 鹿野	高台	A	4.8	2.94	SiCL	0.06	17± 1	RE	Ly	石礫地	臺農1號	D
		B	3.9	2.24	SiCL	0.09						
	對照	A′	4.0	2.57	SiCL	0.10	—	RE	Ly	〃		
		B′	4.6	3.15	SiCL	0.10						
14. *鹿野	永安	A	4.3	3.92	SiCL	0.10	12	RE	Wh	〃	日陞	D
		B	4.7	2.41	SiCL	0.11						
15. 大武	尚武	A	5.4	1.21	L	—	23± 3	OSA	Cl	〃	臺農	N
		B	5.6	1.21	L	0.12						
16. 大武	尚武	A	5.2	2.00	CL	0.17	—	YE		坡地	〃	N
		B	5.0	1.82	SiCL	0.18						
17. 大武	大埤	A	6.0	2.03	CL	0.08	32± 9	YE		〃	〃	N
		B	6.0	1.70	CL	—						

18.大 武 武 和平	A	5.3	1.85	CL	0.25	19± 1	YE		坡地	臺農	D
	B	5.7	1.03	CL	0.14						
19.大 武 武 尙武	A	5.4	2.03	L	0.15	41± 7	OSA	Cl		〃	D
	B	5.5	1.30	L	0.11						
20.鹿 野 觀察區	A	4.4	2.76	CL	0.11	96±63	OSA	Cl	漂石相	臺農1號	D′
	B	4.4	2.15	CL	0.05						
對照*	A′	4.7	2.58	CL	0.06	15± 3	OSA	Cl	〃	〃	D
	B′	4.6	2.40	CL	0.09						
21.鹿 野 龍田	A	4.4	2.67	L	0.09	40± 8	OSA	Cl	石礫地	〃	D′
	B	4.1	2.12	L	0.07						
對照	A′	4.6	2.58	L	0.02	–	OSA	Cl			
	B′	4.5	2.15	L	0.01						
22.鹿 野 上鹿寮	A	5.6	1.17	L	0.07	94±49	OSA	Cl	〃	〃	D′
對照	A′	5.4	1.09	SiL	0.04	–	OSA	Cl			
23. *鹿 野 永安	A	6.6	3.14	SiL	0.07	18	OSA	Fn	〃	臺農	D
對照	A′	5.3	3.45	SiL	0.08	–	OSA	Fn			
24. *鹿 野 永安	A	4.8	2.77	L	0.08	19	OSA	Cl	〃	〃	D^c
	B	4.4	2.13	L	0.06						
25. *鹿 野 新豐	A	5.2	3.06	SiL	0.19	15	OSA	Cl	〃	〃	D
26. *關 山 德高	A	5.3	1.93	L	0.05	18± 1	OSA	Cl	〃	〃	D
	B	5.3	2.21	L	0.09						
27. *關 山 德高	A	5.5	1.51	SL	0.06	14± 2	OSA	Cl	〃	〃	D
	B	5.0	1.06	SL	0.03						
28.關 山 月眉	A	5.8	4.06	L	0.29	109±36	OSA	Cl	〃		D′
	B	5.8	2.15	L	0.12						
對照	A′	5.4	1.97	L	0.19	–	OSA	Cl	〃		
	B	5.4	1.52	SL	0.09						
29.關 山 月眉	A	7.2	2.99	SiL	0.13	–	OSA	Cl		〃	D
	B	7.1	0.77	SL	0.06						
30. *關 山 里壠	A	4.9	1.87	L	0.13	18± 1	OSA	Cl	漂石相	日陞	D
	B	4.9	1.87	L	0.13						
31.池 上 新興	A	4.0	1.96	SL	0.32	128±38	CSA	Cl	石礫地	〃	D′
	B	4.2	2.05	SL	0.29						
對照	A′	4.6	2.11	SL	0.06	–	OSA	Cl			
	B′	4.6	2.44	L	0.08						
32.池 上 萬朝	A	5.3	5.43	L	0.28	82±26	OSA	Cl	坡地、石礫占70％	〃	D′
	B	5.0	2.02	L	0.20						
對照	A′	5.4	6.22	L	0.35	–	OSA	Cl	〃		
	B′	5.1	3.14	L	0.25						
33.池 上 富興	A	5.6	2.23	L	0.10	53±10	EMA	Ky	石礫地	日陞	N
	B	5.6	3.14	L	0.48						
對照	A′	5.6	3.23	L	0.20	–	EMA	Ky	〃		
	B′	5.5	2.15	L	0.08						
34.池 上 慶豐	A	5.4	2.11	L	0.43	59± 5	EMA	Ky	原水田	日陞	N
	B	6.4	1.93	L	0.71						
對照	A′	6.7	1.93	L	0.44	–	EMA	Ky	水田		
	B′	7.0	1.36	SL	0.32						
35.卑 南 郡界	A	7.5	1.14	CL	0.20	–	EMA	Sq		臺農	N
	B	7.7	0.77	CL	0.34						

36. *卑　南　郡界	A	7.4	2.48	SiC	0.29	44	EMA	Sq	坡地	臺農3號	N
	B	7.4	1.79	SiC	0.30						
37. *東河東河農場	A	6.1	5.25	CL	0.43	26	EMA	Ky		日陞	N
38. 東　河　隆昌	A	5.5	2.43	L	0.14	44±21	EMA	Sq	石礫地	臺農2號	N
	B	5.1	2.43	L	0.17						
對照	A′	6.2	4.17	L	0.57	—	BS	Sl	〃		
	B′	5.2	2.55	L	0.10						
39. *成　功　信義里	A	5.5	1.10	L	0.08	13	EMA	Yc		日陞	D
	B	5.6	1.10	L	0.05						
40. 成　功　信義里	A	5.3	2.60	SL	0.13	13	EMA	Yc		〃	D
	B	5.4	1.80	SL	0.05						
41. *成　功　信義里	A	5.7	2.80	SL	0.08	15	EMA	Yc		〃	D
	B	5.6	2.60	SL	0.09						
42. 成　功　信義里	A	4.9	1.50	L	0.04	—	EMA	Yc		〃	D
	B	4.9	1.20	L	0.01						
43. 成　功　信義里	B	5.1	3.40	L	0.25	38± 7	EMA	Ky	原水田	臺農2號	N^c
44. 成　功　柑仔山	A	5.7	3.67	SiCL	0.20	48	EMA	Mt		〃	N
45. 成　功　忠仁里	A	4.9	3.14	CL	0.27	50	EMA	Mt		〃	N
46. *南溪　中興	A	5.2	2.70	SiCL	0.11	19	EMA	Mt		〃	D
47. 長　濱　竹湖	A	5.9	2.49	SiC	0.24	70±14	EMA	Sq		〃	N
48. 長　濱　竹湖	A	7.1	1.72	SiL	0.11	72±26	EMA	Sq		日陞	N
	B	7.7	0.96	L	0.04						
49. 長　濱　樟原	A	5.3	4.58	CL	0.28	15	EMA	Tw		〃	D
	B	5.4	3.76	CL	0.21						
50. 東　河　舊廍	A	5.5	2.31	L	0.22	30± 5	BS	Sl	漂石相	〃	N
	B	5.3	2.03	L	0.20						
51. 東　河　興昌	A	5.3	2.91	SL	0.16	40±19	BS	Sl	〃	〃	D
	B	5.8	2.73	L	0.14						
52. 東　河　金樽	A	6.5	3.11	L	0.28	50± 3	BS	Sl	坡地、漂石相	日陞	N
	B	6.5	3.45	L	0.25						
53. 東　河　五線	A	6.1	2.63	L	0.15	27	BS	Sl		〃	D′
	A′	5.8	2.35	L	0.12	—	BS	Sl			
54. 東　河　北源對照	A	6.2	2.15	SiL	0.25	16± 1	BS	Sl		〃	D
55. *東　河　尙德	A	6.1	7.85	CL	0.71	16	BS	Sl		臺農	D
	A′	5.9	5.70	CL	0.25		BS	Sl		〃	
56. *南　溪　尙德對照	A	6.1	8.55	CL	0.27	—	BS	Sl		臺農	D
57. 南　溪　後寮對照	A	5.7	8.01	CL	0.27	15	BS	Sl		臺農	D
58. *南　溪　後寮	B	6.2	2.17	SL	0.20	31± 4	BS	Sl		日陞	N
59. 南　溪　美山	B	6.8	6.05	L	0.44	44±18	BS	Sl	坡地	〃	N
60. 成　功　美山	B	6.7	1.78	CL	0.40	52± 1	BS	Sl	〃	〃	N

61. *成　功　美山	A B	7.1 7.2	5.56 4.49	L CL	0.25 0.20	20	BS	Sl	石礫地	臺農	D
62.成　功　美山	A B	6.2 6.3	5.84 6.12	L L	0.30 0.38	14	BS	Sl	石礫地 （石礫占 32 %）	〃	D
63.成　功　和平路	B	5.6	3.87	L	0.24	18± 0	BS	Sl	坡地	〃	D
64. *成　功　柑仔山	A B	6.5 6.8	5.65 3.29	SiC CL	0.57 0.51	43	BS	Tu		〃	N
65. *長　濱　城子埔	A B	5.2 5.2	12.34 11.23	L SL	0.33 0.33	34	BS	Sl			N
66. *長濱眞柄社區	A B	5.3 5.5	7.74 6.84	CL CL	0.22 0.10	21	BS	Sl	石礫地 （石礫占 32 %）		D
67. *長　濱　三間村	A	6.1	6.28	CL	0.32	18	BS	Sl			D
68. *長　濱　八仙洞	A	6.0	4.49	CL	0.24	15	BS	Sl		日陞	D
69. *長　濱　城山	A	6.5 6.6	6.41 4.00	SL SL	0.44 —	32	BS	Sl			N
70. *長　濱　寧埔	A B	6.2 6.0	4.88 4.98	L L	0.58 0.49	55± 5	BS	Sl		〃	N
71. *長　濱　城子埔	A B	5.7 5.8	6.55 6.26	SL SL	0.10 0.16	20	BS	Sl	原水田	〃	D
72. *長　濱　大豐	A	5.7	8.79	L	0.18	17	BS	Sl			D
73. *長　濱　大豐	A B	5.5 5.7	8.52 6.70	L L	0.27 0.27	16	BS	Sl			D
74. *長　濱　大豐	A B	5.3 5.5	5.37 5.94	L L	0.10 0.17	16	BS	Sl	石礫地（ 占28 %）	TSl	D

註：a：Soil depth：A＝0－15 cm, B 15－30 cm
b：HWSB：土壤熱水可溶性硼含量（Soil Hot Water Solule Boron）
c：D：木瓜果實異常（Deficient），D′：原有異常症狀，施硼後已正常（origionaly deficient），N：果實正常（Normal）
d：RSA：粘板岩新冲積土（Recent slate alluvial soil），OSA：粘板岩老冲積土（Old slate alluvial soil），YE：黃壤（yellow soil），RE：紅壤（Latosol），BS：黑色土（black soil），EMA：東岸火成岩混合砂頁岩冲積土（Igneous rock & sandstone & shale alluvial soil）

表 3　臺東地區木瓜園土壤之熱水可溶性硼含量與母質、有機質含量之關係
Table 3. The hot water soluble boron contents in soils of papaya orchards in Taitung district in relation to its parent material and organic matter content.

土　類 Soil group	調查點數 No. of sample	缺硼點數 No. of boron deficianf orcha-ond	土層深度 Soil depth	pH Range	Mean	有機質 O.M. % Range	Mean	土壤熱水可溶性硼 HWSB Range	Mean	O.M. HWSB correlation coefficient between O.M. & HWSB
粘板岩冲積土	23	15	A[a] B	4.2－7.3 4.4－7.3	5.3 5.2	1.06－6.22 0.58－3.58	2.57 2.09	0.02－0.48 0.01－0.38	0.13 0.11	0.6550** —

Slate alluvial soil	4[b]	0	A	4.5－7.6	6.1	1.67－2.75	2.12	0.28－0.87	0.50	－
			B	4.1－7.6	5.8	1.42－2.47	1.80	0.25－0.45	0.34	
紅壤 Latosol	2	2	A	4.0－4.3	4.2	2.57－3.92	3.25	0.10－0.10	0.10	－
			B	4.6－4.7	4.7	2.41－3.15	2.78	0.10－0.11	0.11	
黃壤 Yellow soil	3	1	A	5.2－6.0	5.5	1.85－2.03	1.96	0.08－0.25	0.17	－
			B	5.0－6.0	5.6	1.03－1.82	1.52	0.14－0.18	0.16	
黑色土 Black soil	25	16	A	5.2－7.1	5.9	2.15－12.34	5.94	0.10－0.58	0.29	
			B	5.1－7.2	6.0	1.78－11.23	4.90	0.10－0.51	0.28	－0.0352
東岸火成岩混合砂頁岩冲積土 Igneous rock & sandstone & shale alluvial soil	17	6	A	4.9－7.5	5.9	1.10－5.25	2.67	0.04－0.44	0.20	0.5090*
			B	4.9－7.7	6.1	0.77－3.76	1.81	0.10－0.34	0.15	

註 a：A 表土 0 — 15 cm，B 底土 15 — 30 cm

b：由水田轉作木瓜者（Papaya orchards transfered from paddy）

所調查 74 點之木瓜園土壤中，粘板岩*新冲積土 12 點，老冲積土 15 點（兩者均以土層深度小於 30 cm 之土系—瑞穗系 Cl 及初鹿系—居多），紅壤 2 點及黃壤 3 點。此等土壤均分佈於池上至知本沿線之臺東縱谷至太麻里一帶。另 42 點為含火成岩母質之土壤，其中黑色土 25 點（亦以淺層之水連系居多），分布於海岸山脈東側（都蘭—長濱），餘17 點屬東岸火成岩混合砂頁岩冲積土，分布於海岸山脈東、西兩側。

紅壤之硼含量低，調查兩點之木瓜均缺硼，其表土含硼量均為 0.10 ppm。

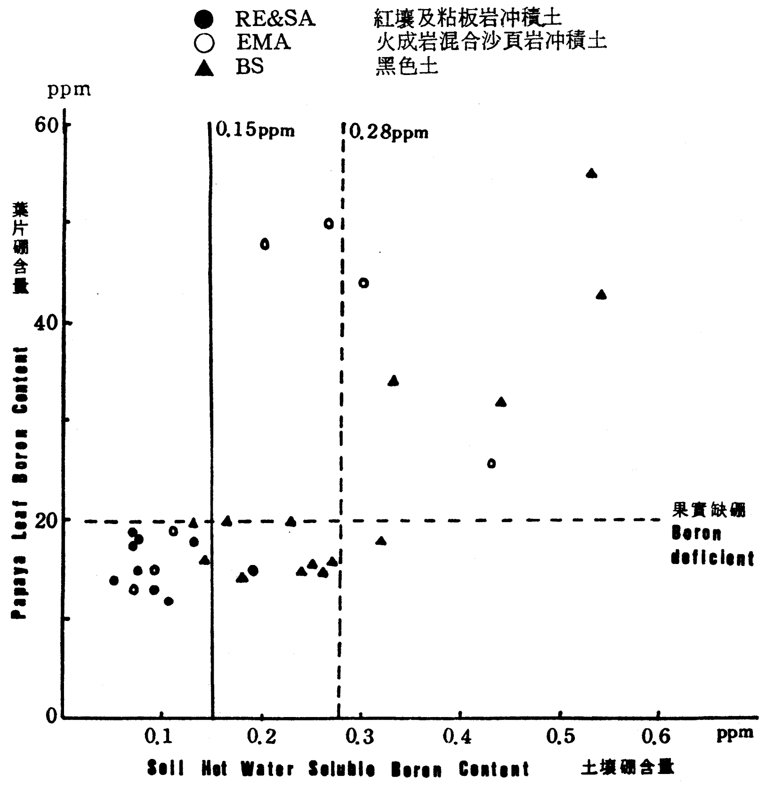
粘板岩冲積土類調查 27 點中有 23 點屬旱地果園，多數為礫質地或河床地，土層淺，質地 SL 至 SiL，pH 較低（平均 5.3），其硼含量亦低，表土平均含硼 0.13 ppm。計15 點缺硼，除 1 及 32 號果園硼含量為 0.44 及 0.35 ppm 外，餘均低於 0.13 ppm。27 點中另 4 點為水田轉作木瓜，其土壤硼含量均高，在 0.25 — 0.87 ppm 間，木瓜生長均正常。

3 處黃壤中有一處果實缺硼，其表底土含硼 0.25 及 0.14 ppm。另一處土壤含量雖低至 0.08 ppm，但葉片含硼 22 — 41 ppm，果實亦正常。

東岸火成岩混合砂頁岩冲積土類，17 點中有 6 點缺硼，其中 4 點屬漁場系（Yc），為深層之風沙土，硼含量低在 0.01 — 0.13 ppm 間。另兩個缺硼果園之表土硼含量為 0.11 及 0.28 ppm。

黑色土之平均有機質含量最高，其平均硼含量為 0.29 ppm，亦為各類土壤中最高者。所調查 25 點中有 15 點缺硼。其中 66 至 74 號果園（69 及 70 號除外）於 70 年 10 月採樣時正值結果始期，果實均正常，但分析其葉片硼含量則均低於 20 ppm，至 12 月再前往觀察則果實均呈現缺硼。本類土壤木瓜缺硼者，其表土硼含量在 0.10 — 0.30 ppm 間，平均 0.22 ppm，較前述各類土壤之缺硼濃度為高。

由於未能完全確知農家是否已施硼，且農家施硼方法不一（有株下撒施，亦有株旁邊點施者），乃增加土壤臨界濃度判定之困難。其中 1，18，32，49 及 62 號果園之葉片硼含量低於 20 ppm，果實亦缺硼，但其土壤硼含量則高於其他同土類缺硼果園之含量；而 8，17



圖二　木瓜園土壤熱水可溶性硼含量與葉片硼含量與果實缺硼之關係

Fig 2. Soil and leaf boron content in relation to boron deficieny of papaya fruit.

*註※：陳氏之土壤調查報告書中，雖將其歸於片岩冲積土類，但書中有云臺東地區以粘板岩較多，片岩較少，後查地質圖亦如是，故此處乃更正為粘板岩冲積土。

19，48，50，51及52號果園土壤硼含量很低，似應缺硼，但其葉片硼含量及果實均正常。則推測上述例外之原因為：前者可能係農家剛撒施硼不久，因此土壤硼含量雖已增高，但葉片及果實則尚未恢復正常（果實若呈缺硼病徵，雖施硼亦無法恢復）；而後者可能為農家早已於株旁點施硼砂，因此其葉片與果實均正常，但因所採土樣則未受污染故硼含量仍低，此可由48及51號果園之葉片硼含量變異很大（56—111 ppm及22—62 ppm），而土壤却僅含0.11及0.16 ppm而獲得佐證。

綜合上述調查結果，並將表二中確定未施硼地點（打＊記號者）之土壤與葉片硼含量與果實缺硼之關係示如圖二，則凡第10葉葉身硼含量低於20 ppm者其果實必缺硼，而正常木瓜則在25—155 ppm間。土壤之缺硼臨界濃度在黑色土類較高，約0.28 ppm，其餘各類土壤則在0.15 ppm左右。黑色土之缺硼臨界濃度較高，是否因其有機質含量較高，故沸水可抽出之硼素較高，但其中仍有部分為木瓜根部在常溫或冬季由低溫時所無法利用？實值探討。

三、臺東地區木瓜第10葉葉身各要素含量範圍：

關於木瓜葉片各要素含量之資料尚少，因此將調查結果整理如表4。

表4　臺東縣木瓜第10葉葉身之各要素含量範圍

Table 4. The range of nutrient content in the 10th leaf blades sampled from papaya orchards in Taitung district

要素別	含量範圍 Range %	平均值 Mean	要素別	含量範圍 Range ppm	平均值 Mean ppm
N	2.9 — 5.5	4.4	Fe*	58 — 127	85
P	0.23 — 0.66	0.39	Mn	29 — 274	90
K	0.88 — 3.11	1.88	Cu	4.8 — 9.4	6.8
Ca	0.98 — 4.35	2.50	Zn	17 — 37	27
Mg	0.22 — 2.00	1.12	B	25 — 155	（正常範圍）

註：* Fe 為 1N HCl 可抽出者，非全量。

四、臺東地區耕地土壤及東部若干坡地土壤之熱水可溶性硼含量與其母質、有機質含量等之關係

據研究[4,5,9]，土壤熱水可溶性硼含量之多寡受成土母質、灌溉水質、淋溶時間之久暫及有機質含量等之影響，其中母質、灌溉水及有機質均為土壤硼素之來源。

由表五可見臺東縣境之耕地土壤硼含量在 0.01 — 0.84 ppm 間，其中以紅壤及粘板岩老冲積土之硼含量最低，平均值分別為 0.07 及 0.15 ppm，其硼含量低於 0.15 ppm 者佔調查點數之比率分別為 87 %及 68 %。粘板岩老冲積土中又以淺層之初鹿系（Cl）及太麻里系（Tm）硼含量最低，平均含硼 0.09 及 0.13 ppm。而土層深且排水較差之豐樂系（Fl），均為水田，則硼含量很高，平均含硼 0.39 ppm。前述之木瓜園中由水田轉作木瓜者其硼含量亦高（見表3），但此等水田土壤之有機質含量並不高，故推測系受灌溉水影響，因水田長期灌水，若水中含硼，則土壤硼含量自然較高。

粘板岩新冲積土平均含硼 0.21 ppm，其中以池上至關山沿線之土壤硼含量自然較高（表五中之 Js－I），平均 0.22 ppm，而武陵至利嘉沿線較低（Js－II），平均 0.16 ppm。兩者硼含量低於 0.15 ppm 者所占之比率分別為 33 %及 53 %。造成此差異之原因未知。

上述紅壤、粘板岩老冲積土及粘板岩新冲積土之平均 pH 值依序為 4.8、5.7、及 6.6，此亦顯示三類土壤受雨水淋溶時間之久暫。其平均有機質含量均在 2.50 — 2.66 %間，差異極微，但平均硼含量則分別為 0.07、0.15 及 0.21 ppm，顯示土壤受淋溶時間愈長，其硼含量愈低。

黑色土之有機質含量為各土類中最高者，平均為 4.58 %。東岸火成岩混合砂頁岩冲積土次之，平均 3.07 %，兩者之平均硼含量均為 0.28 ppm。但兩類土壤之硼含量與有機質含量均有地域上之差別，即均以採自都蘭至成功信義里間之土壤硼含量與有機質含量顯著較低（黑色土 3.05 %及 0.18 ppm，另一類土壤為 2.28 %及 0.16 ppm），而採自其他地區者含量較高。因海岸山脈之岩石成分甚為複雜，因此造成此等差異之原因或為母質或為有機質含量

表5　臺東地區耕地土壤之理化性質與其熱水可溶性硼含量分布

Table 5. The boron status and physicochemical properties of soils of the cultivated lands in Taitung district.

土類[a] Soil group	土系 Soil series	調查點數 No. of Sample	pH Range	pH Mean	質地分布[d] Texture distribution I	II	III[d]	有機質 O.M. % Range	O.M. % Mean	土壤熱水可溶性硼含量分布 HWSB ppm Range	ppm Mean	含量分布 Distribution I	II	III	IV	O.M.與HWSB之相關係數 Correlation coefficient between O.M. & HWSB
紅壤 Latosol		15	4.0 − 5.9	4.8	2	12	1	1.00 − 4.16	2.50	0.02 − 0.22	0.07	13	2	0	0	0.1939
黃壤 Yellow soil		2	7.1 − 7.4	7.3	1	0	1	1.81 − 2.37	2.09	0.16 − 0.32	0.24	0	1	1	0	−
粘板岩新冲積土 Recent slate alluvial soil	Js-I	45	4.1 − 8.4	6.5	44	1	0	1.23 − 4.48	2.60	0.02 − 0.52	0.22	15	13	16	1	0.2763
	Js-II	30	4.4 − 8.5	6.5	26	4	0	0.88 − 4.40	2.45	0.02 − 0.45	0.16	16	7	7	0	−0.0458
	其他土系	8	6.3 − 7.9	7.5	7	1	0	1.55 − 4.24	2.51	0.06 − 0.71	0.29	3	1	3	1	0.5674
	Total	83	4.1 − 8.5	6.6	77	6	0	0.88 − 4.48	2.54	0.02 − 0.71	0.21	34	21	26	1	
粘板岩老冲積土 Old slate alluvial soil	Cl	27	3.9 − 7.7	5.2	22	5	0	0.93 − 4.47	2.69	0.01 − 0.24	0.09	24	3	0	0	0.3997*
	Tm	10	4.5 − 7.7	6.1	9	1	0	0.92 − 3.50	2.31	0.02 − 0.31	0.13	7	1	2	0	0.1688
	Fl	8	5.5 − 8.1	6.4	8	0	0	1.32 − 3.97	2.92	0.22 − 0.66	0.39	0	1	5	2	0.5905
	其他土系	8	4.9 − 7.6	6.2	7	1	0	1.07 − 4.48	2.77	0.07 − 0.31	0.16	5	1	2	0	
	Total	53	3.9 − 8.1	5.7	46	7	0	0.92 − 4.48	2.66	0.01 − 0.66	0.15	36	6	9	2	0.1969
黑色土 Black soil	A[c] Sl	20	4.7 − 6.9	5.8	12	8	0	1.42 − 5.53	3.00	0.06 − 0.38	0.17	9	9	2	0	0.7060**
	A[c] 其他土系	3	4.9 − 7.0	6.1	1	2	0	2.99 − 4.02	3.43	0.07 − 0.34	0.23	1	0	2	0	−
	B Sl	17	4.9 − 7.4	6.1	8	6	3	3.29 −13.30	5.75	0.12 − 0.62	0.36	1	3	10	3	0.0375
	B 其他土系	12	5.4 − 7.5	6.2	5	6	1	3.29 − 9.62	5.85	0.14 − 0.59	0.34	1	2	8	1	−0.1935
	Total	52	4.7 − 7.5	6.0	26	22	4	1.42 −13.30	4.58	0.06 − 0.62	0.28	12	14	22	4	
東岸火成岩混合砂頁岩冲積土 Igneous rock & sandstone & shale alluvial soil	A[c]	11	4.9 − 8.3	6.0	7	3	1	0.75 − 3.50	2.28	0.04 − 0.38	0.16	7	0	4	0	0.4970
	B	11	4.9 − 7.2	5.9	2	7	2	2.74 − 5.72	3.92	0.20 − 0.56	0.35	0	3	7	1	0.3341
	C	8	4.4 − 7.2	6.0	3	4	1	2.35 − 4.01	2.98	0.04 − 0.84	0.35	2	1	4	1	0.8065**
	Total	30	4.4 − 8.3	6.0	12	14	4	0.75 − 5.72	3.07	0.04 − 0.84	0.28	9	4	15	2	

註：a：由陳春泉先生分類。

b：Js－I：表池上至關山間所採之瑞穗系土壤，Js－II：表武陵—利嘉—太麻里間所採之瑞穗系土壤。

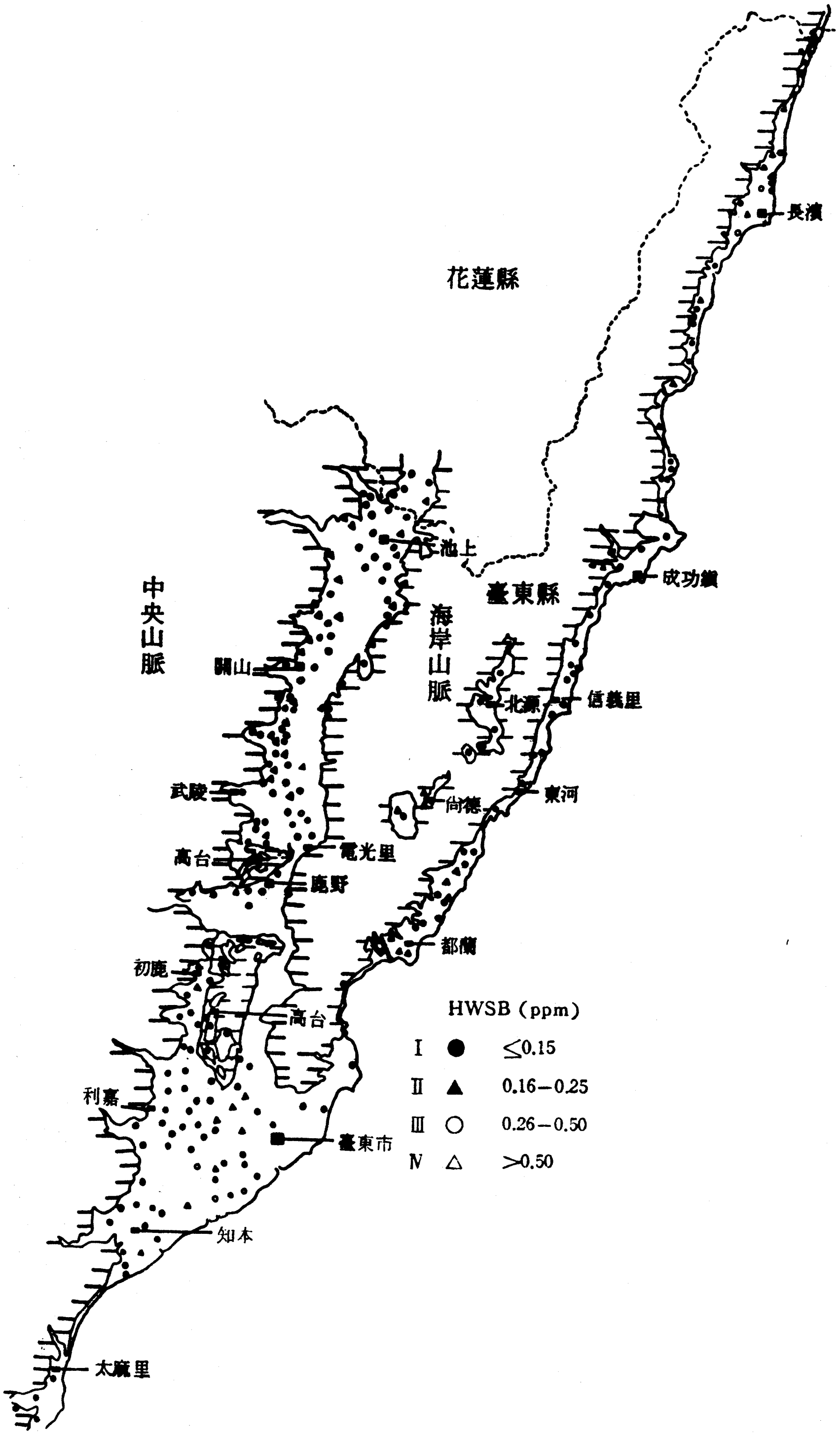
c：A：都蘭—成功信義里間所採土壤，B：信義里—大港口間之土壤，C：池上—電光里間之土壤（海岸山脈西側）。

d：質地：I：SL、L、SiL，II：SCL、CL、SiCL，III：SiC、C。

e：HWSB含量：I：≤ 0.15 ppm，II：0.16—0.25 ppm，III：0.26—0.50 ppm，IV：> 0.50 ppm。

圖三　臺東縣境土壤熱水可溶性硼含量之分布

Fig 3. The Status of hot water soluble boron content jn soils of Taitung district



不同所致，仍需探討。

將上述耕地土壤 233 個資料按硼含量≦ 0.15 ppm（●），0.16 — 0.25 ppm（▲），0.26 — 0.50 ppm（○），及＞ 0.50 ppm（△）分級後標示於圖三。都蘭至長濱沿線以硼含量低於 0.25 ppm 者植木瓜可能缺硼，其餘各地則以低於 0.15 ppm 者可能缺硼。因此由圖中可見臺東縣以武陵至利嘉至太麻里間、都蘭至成功信義里間、以及長濱至樟原間植木瓜將易缺硼。

由表 6 坡地土壤之硼含量來看，以片岩及粘板岩（或混有千枚岩）及砂岩母質者含量最低，而泥岩及火成岩母質者硼含量較高，石灰岩母質土壤之平均硼含量雖最高，但其有機質與硼含量之相關高達 0.9309 ，顯示其硼素來源主要為有機質。

表 6　花蓮及臺東地區山坡地土壤之熱水可溶性硼含量與其母質、有機質含量之關係

Table 6. The hot water soluble boron contents in soils of the hillside lands in Hualien and Taitung area with relation to its parent material and organic matter content

土壤母質 Parent material	調查點數 No. of sample	pH		質地分布[b] Texture Distriabution			O. M. %		土壤熱水可溶性硼含量 HWSB						O. M.與HWSD之相關 Corrlation coefficient between O. M. & HWSB
									ppm		含量分布[c] Distribution				
		Range	Mean	I	II	III	Range	Mean	Range	Mean	I	II	III	IV	
火成岩 Igneous rock	10	5.0－7.7	5.9	5	4	1	1.79－11.56	4.91	0.10－0.56	0.28	2	3	4	1	0.3822
砂岩 Sandstone	7	4.8－7.9	5.8	2	5	0	1.36－ 4.57	2.98	0.12－0.27	0.20	2	3	2	0	－0.0885
泥岩 Mudstone	9	5.1－8.2	6.0	3	5	1	0.83－ 5.69	3.37	0.16－0.52	0.26	0	6	2	1	0.3694
石灰岩 Limestone	9	4.3－7.6	6.0	8	1	0	2.24－ 6.98	3.98	0.10－0.80	0.32	2	3	2	2	0.9309**
粘板岩（＋千枚岩）（Slate＋phyllite）	20	4.2－6.8	5.1	18	2	0	1.73－ 6.25	3.73	0.02－0.32	0.14	13	5	2	0	0.7668**
片岩 Shist	24	3.9－7.3	5.0	18	2	4	0.77－10.85	4.24	0.01－0.35	0.16	13	6	5	0	0.7479**

a ：由王明果教授分類，並提供樣品。

b ：質地 I ： SL 、 L 、 SiL ，II ： SCL 、 CL 、 SiCL ，III： SiC 、 C 。

c ： HWSB ： I ：≦ 0.15 ，II ： 0.16 —0.25 ，III ： 0.26—0.50 ，IV：＞0.50 ppm。

表 3 可見表土之有機質含量高於底土，而 HWSB 含量亦如是。而由表 3 、5 、6 可見成土母質硼含量低者如片岩和粘板岩，其土壤 HWSB 含量與有機質間之相關常較顯著，顯示此等土壤硼含量高低係受有機質含量所支配。而火成岩母質之土壤則硼含量與有機質含量間之相關很低，而其母岩成分複雜，顯示此等土壤中硼含量多寡或受母質種類之影響。

參 考 文 獻

1. 王德男、張國良、周閔．1975．木瓜缺硼症之發現及防治方法之研究中華農業研究 24（No. 3, 4）：43—53.
2. 王德男．1979．"木瓜植株無機營養之研究"國科會第十六屆科學與技術人員國內進修研究報告 pp 65.
3. 林家棻編印．1981．"作物需肥診斷技術"農試所特刊 No. 13 pp198.
4. 曾銘君．1966．東部地區鳳梨缺硼之初步調查，轉摘自"N. R. Su 1975 Micronutrient problems in pineappels ASPAC Extention Bulletin No. 51".
5. 楊滔慈．1960．臺灣土壤可溶性硼素含量之研究　糖試所研究彙報 No. 21：1—16.
6. 楊滔慈．1960．甜菜需硼量研究　糖試所研究彙報 21：17—26.
7. 陳春泉．1979．花蓮、臺東縣土壤調查報告　農試所報告　No. 36 pp115.
8. Jackson, M. L. 1962．"Soil Chemical Analysis" 3rd Ed. Prentice—Hall INC., USA.
9. Mengel, D. K. and E. A. Kirkby．1978．Boron. in "Principles of Plant Nutriton" Chap. 18：483—491 Internatinoal Potash Institute.
10. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock & K. A. Gomez．1972．"Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice" 2nd ed. IRRI.